

531,214  
10/531214

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. April 2004 (29.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/036248 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01S 17/93

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002706

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. August 2003 (11.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 47 925.9 15. Oktober 2002 (15.10.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLOTZ, Albrecht  
[DE/DE]; Zwehrenbuehlstr. 12, 72076 Tuebingen (DE).  
SCHMID, Dirk [DE/DE]; Rahaldenstrasse 12, 75397  
Simmozheim (DE). SCHICK, Jens [DE/DE]; Im Seele 8,  
71083 Herrenberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

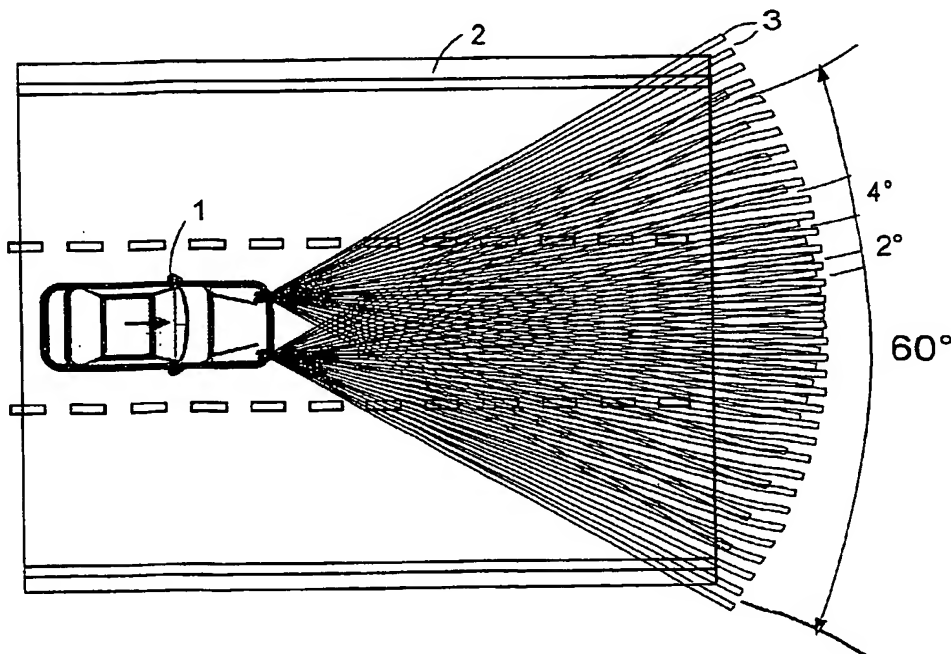
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTICAL SENSOR

(54) Bezeichnung: OPTISCHER SENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a sensor with which light beams are emitted in different directions, reflected by objects if present, received, and are evaluated according to direction and propagation time in order to depict the objects in three-dimensions. According to the invention, light sources are arranged in the form of a two-dimensional matrix in order to generate light beams.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/036248 A2



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Bei einem Sensor, bei dem Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen ausgesandt, an gegebenenfalls vorhandenen Objekten reflektiert, wieder empfangen und nach Richtung und Laufzeit im Sinne einer dreidimensionalen Abbildung der Objekte ausgewertet werden, sind zur Erzeugung der Lichtstrahlen Lichtquellen in Form einer zweidimensionalen Matrix angeordnet.

1

## Optischer Sensor

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Sensor, bei dem Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen ausgesandt, an gegebenenfalls vorhandenen Objekten reflektiert, wieder empfangen und nach Richtung und Laufzeit im Sinne einer dreidimensionalen Abbildung der Objekte ausgewertet werden.

Sensoren nach der Gattung des Hauptanspruchs sind unter der Bezeichnung Lidar-Sensoren (= Light Detection and Ranging) bekannt und auf dem Markt verfügbar. Dabei wird zwischen zwei verschiedenen Bauweisen unterschieden, nämlich Sensoren mit fester Messstrahlanordnung in einer beispielsweise horizontalen Ebene und solchen mit einer mechanischen Strahlschwenkung, beispielsweise durch Spiegel. Die Mechanik erlaubt zwar eine feinere Winkelauflösung, als dies bei einer festen zeilenförmigen Messstrahlanordnung möglich ist, weist jedoch die bekannten Nachteile einer mechanischen Lösung, nämlich Empfindlichkeit gegen mechanische Beanspruchung, Abnutzung und relativ aufwändige Herstellung auf.

- 2 -

Die bekannten Lidar-Sensoren können für Assistenzsysteme für Kraftfahrzeuge auf der Basis von Umfeldsensoren, zur Objekt-Detektion und zur Messung von Abständen und Relativgeschwindigkeiten verwendet werden. Zur Zeit steht die Funktion ACC (= adaptive cruise control, auch unter Marken wie Abstandsregeltempomat und DISTRONIC bekannt geworden) im Vordergrund, wobei ein Messbereich von circa 3m bis 120m bei schmalem Öffnungswinkel erforderlich ist. Im automobilen Bereich können eine Reihe von Funktionen im Nahbereich bis zu 30m Entfernung wie "Low Speed Following", "Blind Spot Detection", "Backing Aid" oder "PreCrash" mit Lidar-Sensoren realisiert werden, wenn ein breiter Erfassungsbereich sowohl horizontal als auch vertikal mit einer genügend hohen Winkelauflösung in beiden Richtungen vorhanden ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, hierfür einen Sensor anzugeben, der insbesondere den Anforderungen im Automobilbau bezüglich der Fertigbarkeit, der Zuverlässigkeit, der Robustheit und der Lebensdauer genügt.

#### Vorteile der Erfindung

Bei dem erfindungsgemäßen Sensor wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass zur Erzeugung der Lichtstrahlen Lichtquellen in Form einer zweidimensionalen Matrix angeordnet sind.

Der erfindungsgemäße Sensor weist eine gesteigerte Lebensdauer auch unter rauen Umweltbedingungen, beispielsweise Vibration, durch das Fehlen mechanisch bewegter Teile auf. Außerdem ist durch planaren Aufbau der Lichtquellen und gegebenenfalls von optischen Einrichtungen auf einer Leiterplatte der Fertigungsaufwand gering.

Bei bestimmten Anwendungen kann es vorteilhaft sein, wenn die Lichtquellen unterschiedliche Abstände voneinander aufweisen.

Bezüglich einer leichten Herstellbarkeit des erfindungsgemäßen Sensors mit Hilfe von erhältlichen Bauteilen kann gemäß einer Weiterbildung vorgesehen sein, dass die Lichtquellen auf zeilenförmigen Baugruppen angeordnet sind. Es sind jedoch durchaus Fertigungsmethoden bekannt, die erlauben, dass die Lichtquellen als einzelne Bauelemente auf einer Leiterplatte montiert sind, beispielsweise in Chip-on-Board-Technik.

Eine andere Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass die einzelnen Lichtquellen innerhalb jeweils einer Spalte zick-zack-artig versetzt sind.

Neben den vorgenannten Vorteilen weist eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sensors den Vorteil einer hohen Flexibilität dadurch auf, dass die Lichtquellen unabhängig voneinander ansteuerbar sind.

So kann beispielsweise der Erfassungsbereich im Betrieb sehr schnell der Fahrsituation bzw. der Objekt-Szene angepasst werden, so dass beispielsweise schnell bewegte Objekte gezielt verfolgt werden können. Diese Fähigkeit ist insbesondere für sicherheitsrelevante Funktionen, wie PreCrash, wichtig.

Zur elektronischen Ansteuerung der einzelnen Lichtquellen stehen geeignete zu programmierende Prozessoren und weitere elektronische Schaltungen zur Verfügung. So kann beispielsweise die Art der Ansteuerung der Lichtquellen im laufenden Betrieb sehr schnell geändert werden, beispielsweise kann in mehrere Mess-Modi mit verschiedenen Winkelerfassungsbereichen und Messzykluszeiten je nach

Anforderung umgeschaltet werden. So kann ein vollständiges Abtasten des gesamten Bereichs durch zeilenweises Scannen der Messstrahlen bei relativ langen Zykluszeiten erfolgen. Alternativ ist eine Zeilen- oder Spaltenabtastung in bestimmter Höhe und Breite möglich. Schließlich können einzelne Messstrahlen zur genauen und schnellen Verfolgung einzelner Objekte erzeugt werden. Dadurch kann die gleichzeitige Bedienung verschiedener Funktionen, wie beispielsweise Low-Speed-Following und PreCrash, durch koordinierte Umschaltung zwischen den verschiedenen Mess-Modi eines einzelnen Sensors erfolgen.

Für die Modus-Umschaltung bzw. Aufmerksamkeitssteuerung kann der erfindungsgemäße Sensor unter anderem wie folgt gesteuert werden:

- Zyklisch wiederholter horizontaler Linienscan auf mittlerer Ebene von horizontal  $-30^{\circ}$  bis  $+30^{\circ}$ .
- In größeren zeitlichen Intervallen werden auch die höheren und tieferen Ebenen gescannt, um die vertikalen Objektlagen zu bestimmen, ebenso die Lage des Fahrzeugs relativ zur Fahrbahnoberfläche.
- Nach Bedarf (Einfluß von Nickwinkel oder Fahrbahnkrümmung) wird für die nächsten Linienscan-Zyklen auf eine tiefere oder höhere Ebene umgeschaltet.

Bei dem erfindungsgemäßen Sensor können die Lichtquellen von Leuchtdioden (lichtemittierenden Dioden) oder Laserdioden gebildet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass vor jeder der Lichtquellen eine Sammellinse angeordnet ist. Grundsätzlich ist es möglich, diese Sammellinse zur Bildung der Lichtstrahlen auszubilden. Häufig wird man jedoch vorziehen, die Sammellinse dazu zu verwenden, um möglichst viel von der jeweiligen Lichtquelle ausgesandtes Licht auf eine gemeinsame Sammellinse zu

- 5 -

konzentrieren, die auch als Kombination mehrerer Linsen ausgeführt sein kann.

Je nach Anwendung im Einzelnen kann die Querschnittsform des Lichtstrahls von Bedeutung sein. Dazu können bei einer Weiterbildung der Erfindung zur Strahlformung der Lichtstrahlen der einzelnen Lichtquellen Lichtwellenleiter vorgesehen sein.

Werden beispielsweise in zwei zueinander senkrechten Richtungen verschiedene Winkelauflösungen benötigt, kann es vorteilhaft sein, wenn die von den einzelnen Lichtquellen ausgesandten Lichtstrahlen elliptische Querschnitte aufweisen.

Die Erfindung umfasst ferner, dass zum Empfang der von den Objekten reflektierten Strahlen ein optischer Empfänger mit einer Sammellinse und einer lichtempfindlichen Fläche vorgesehen ist. Dabei kann die lichtempfindliche Fläche von einem optoelektrischen Wandler gebildet sein, beispielsweise von einer entsprechend großflächigen PIN-Diode.

Eine andere Möglichkeit zu einer vorteilhaften Realisierung eines Empfängers besteht darin, dass die lichtempfindliche Fläche von matrixförmig angeordneten optoelektrischen Wandlern gebildet ist. Der Vorteil dieser Anordnung liegt zum einen in der höheren Schaltgeschwindigkeit der kleinen Dioden, was eine höhere Messgenauigkeit und eine radiale Trennfähigkeit bewirkt, und zum anderen in der größeren Winkeltrennschärfe, was sich in der Vermeidung von Übersprechen zwischen den Messstrahlen bemerkbar macht. Es können für die beiden Ausführungsformen der lichtempfindlichen Fläche auch Zwischenlösungen angewandt werden, wie beispielsweise ein Array aus spaltenförmigen PIN-Dioden.

## Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Anordnung von Lichtquellen in einer Matrix,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines mit zwei erfindungsgemäßen Sensoren versehenen Kraftfahrzeugs,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Sensor mit jeweils einem Strahlensensor und einem Empfänger und

Fig. 4 eine andere Ausführungsform eines Empfängers.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt zehn Zeilen von Lichtquellen 1 mit jeweils elliptischem Querschnitt. Der mit einem vorgegebenen Objektiv erreichbare vertikale Erfassungswinkel erstreckt sich bei diesem Beispiel zwischen  $-10^\circ$  und  $+12^\circ$ . Der Abstand der Zeilen voneinander wird mit größer werdendem vertikalen Erfassungswinkel von  $0^\circ$  ausgehend größer. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass im Allgemeinen in der horizontalen Ebene auf Höhe der Sensoreinbauposition eine genauere Winkelauflösung erforderlich ist.

Bei dem Beispiel sind ferner in einem linken Teil der Matrix die Abstände zwischen den Lichtquellen größer gewählt, so dass hier die Winkelauflösung kleiner ist. Dabei sind in



diesem Bereich die Lichtquellen mit niedrigem vertikalen Erfassungswinkel gegeneinander versetzt, so dass beispielsweise vertikale Kanten von Objekten trotz des größeren Abstandes mit relativ guter Auflösung erkannt werden können.

Fig. 2 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 auf einer Straße 2 mit einem angedeuteten Erfassungsraum, der von zwei im Einzelnen nicht dargestellten Sensoren gebildet wird, die Lichtstrahlen 3 aussenden und Reflektionen von Objekten empfangen. Dabei wurde, wie in Fig. 1 dargestellt, bei dem auf der rechten Fahrzeugseite befindlichen Sensor die Winkelauflösung an der linken Seite auf  $4^\circ$  verringert gegenüber  $2^\circ$  während des übrigen horizontalen Erfassungsbereichs und umgekehrt. Diese Maßnahme spart Leuchtdioden, macht sich jedoch auch dadurch vorteilhaft bemerkbar, dass insgesamt eine geringere Zykluszeit bei Beibehaltung der Auflösung in dem wichtigeren Bereich möglich ist.

Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Sensor mit einem Sender 11 und einem Empfänger 12, die jeweils eine Linse 13, 14 aufweisen. Auf einer Leiterplatte 15 des Empfängers sind beispielsweise mit der in Fig. 1 dargestellten Verteilung Leuchtdioden 16 angeordnet, die jeweils mit einer Linse 17 versehen sind, welche bewirken, dass ein größtmöglicher Teil des von der Leuchtdiode erzeugten Lichts auf die Linse 13 fällt und somit für den Lichtstrahl genutzt wird. Die Leuchtdioden 16 sind in der Brennebene der Linse 13 angeordnet, so dass das jeweils von einer Leuchtdiode 16 erzeugte Licht ein paralleles Strahlenbündel 18 ergibt. Das von einem nicht dargestellten Objekt reflektierte Strahlenbündel 19 wird bei dem Empfänger 12 des Ausführungsbeispiels nach Fig. 3 auf einen Punkt der großflächigen PIN-Diode 20 konzentriert.

Eine geeignete elektronische Steuerschaltung 21 dient zur gepulsten sequentiellen Ansteuerung der Leuchtdioden 16, wobei je nach Anwendungsfall verschiedene Modi möglich sind. Die Information, welche Leuchtdioden 16 zu welcher Zeit Licht aussenden, wird einer Auswerteschaltung 22 des Empfängers übergeben, so dass die von der PIN-Diode 20 erzeugten Impulse den von den Leuchtdioden 16 ausgesandten Lichtimpulsen zugeordnet werden können, wobei dann die Laufzeit ermittelt wird. Damit wiederum kann zusammen mit der Richtungsinformation der Lichtstrahlen ein dreidimensionales Abbild der detektierten Szene erstellt werden.

Fig. 4 zeigt eine Alternative 23 für den Empfänger 12 (Fig. 3) mit einer Leiterplatte 24, auf welcher eine dem Sender entsprechende Anzahl von PIN-Dioden 25 angeordnet ist, was wie eingangs beschrieben, unter anderem eine Erhöhung der Sicherheit gegen Übersprechen zwischen den einzelnen Lichtstrahlen ermöglicht. Die Auswerteschaltung 26 des Empfängers 23 weist entsprechend viele Eingänge auf.

## Ansprüche

1. Sensor, bei dem Lichtstrahlen in verschiedene Richtungen ausgesandt, an gegebenenfalls vorhandenen Objekten reflektiert, wieder empfangen und nach Richtung und Laufzeit im Sinne einer dreidimensionalen Abbildung der Objekte ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Lichtstrahlen Lichtquellen (16) in Form einer zweidimensionalen Matrix angeordnet sind.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (16) unterschiedliche Abstände voneinander aufweisen.
3. Sensor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen auf spaltenförmigen Baugruppen angeordnet sind.
4. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (16) als einzelne Bauelemente auf einer Leiterplatte (15) montiert sind.
5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Lichtquellen (16) innerhalb jeweils einer Spalte zick-zack-artig versetzt

sind.

6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (16) unabhängig voneinander ansteuerbar sind.

7. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen von Leuchtdioden (16) gebildet sind.

8. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen von Laserdioden gebildet sind.

9. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor jeder der Lichtquellen (16) eine Sammellinse (17) angeordnet ist.

10. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine gemeinsame Sammellinse (13) vorgesehen ist.

11. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Strahlformung der Lichtstrahlen der einzelnen Lichtquellen Lichtwellenleiter vorgesehen sind.

12. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die von den einzelnen Lichtquellen (16) ausgesandten Lichtstrahlen elliptische Querschnitte aufweisen.

13. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Empfang der von den Objekten reflektierten Strahlen ein optischer Empfänger (12, 23) mit einer Sammellinse (14) und einer lichtempfindlichen Fläche (20, 25) vorgesehen ist.

14. Sensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindliche Fläche von einem optoelektrischen Wandler (20) gebildet ist.

15. Sensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtempfindliche Fläche von matrixförmig angeordneten optoelektrischen Wandlern (25) gebildet ist.

1/2

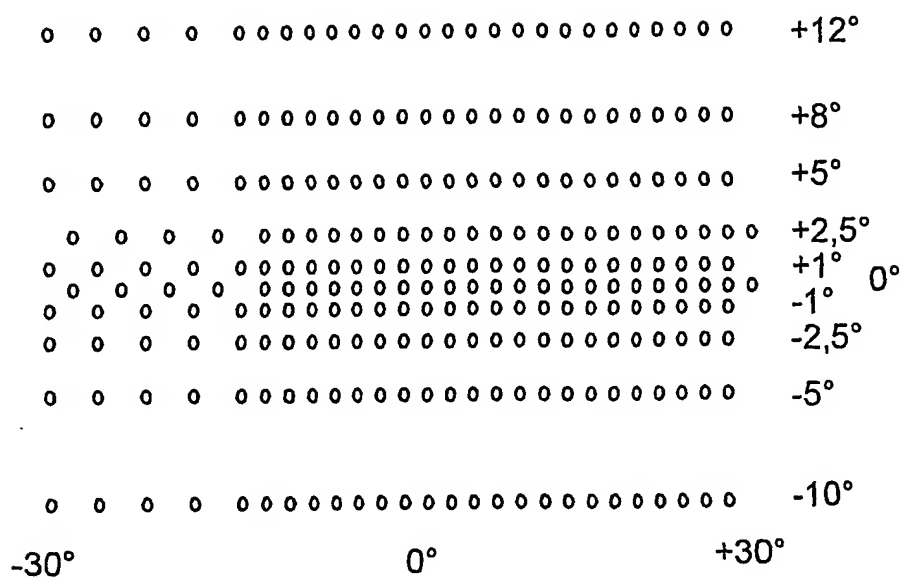


Fig.1

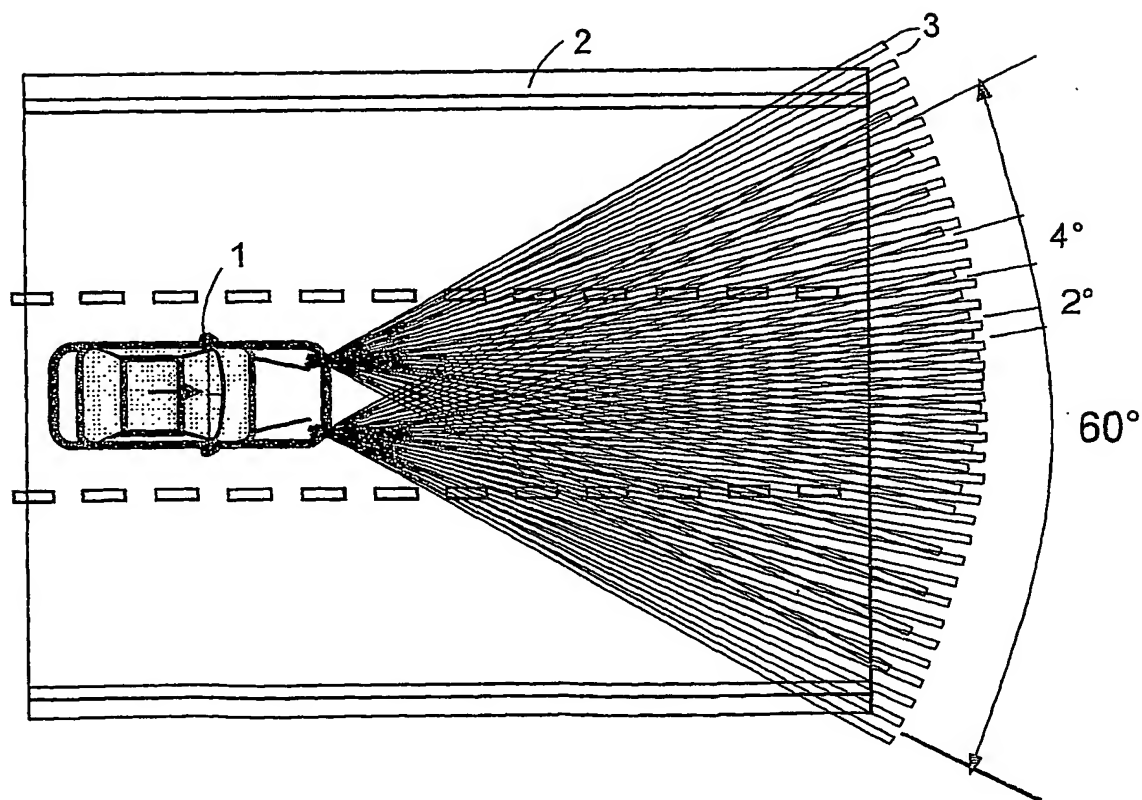


Fig.2

2/2

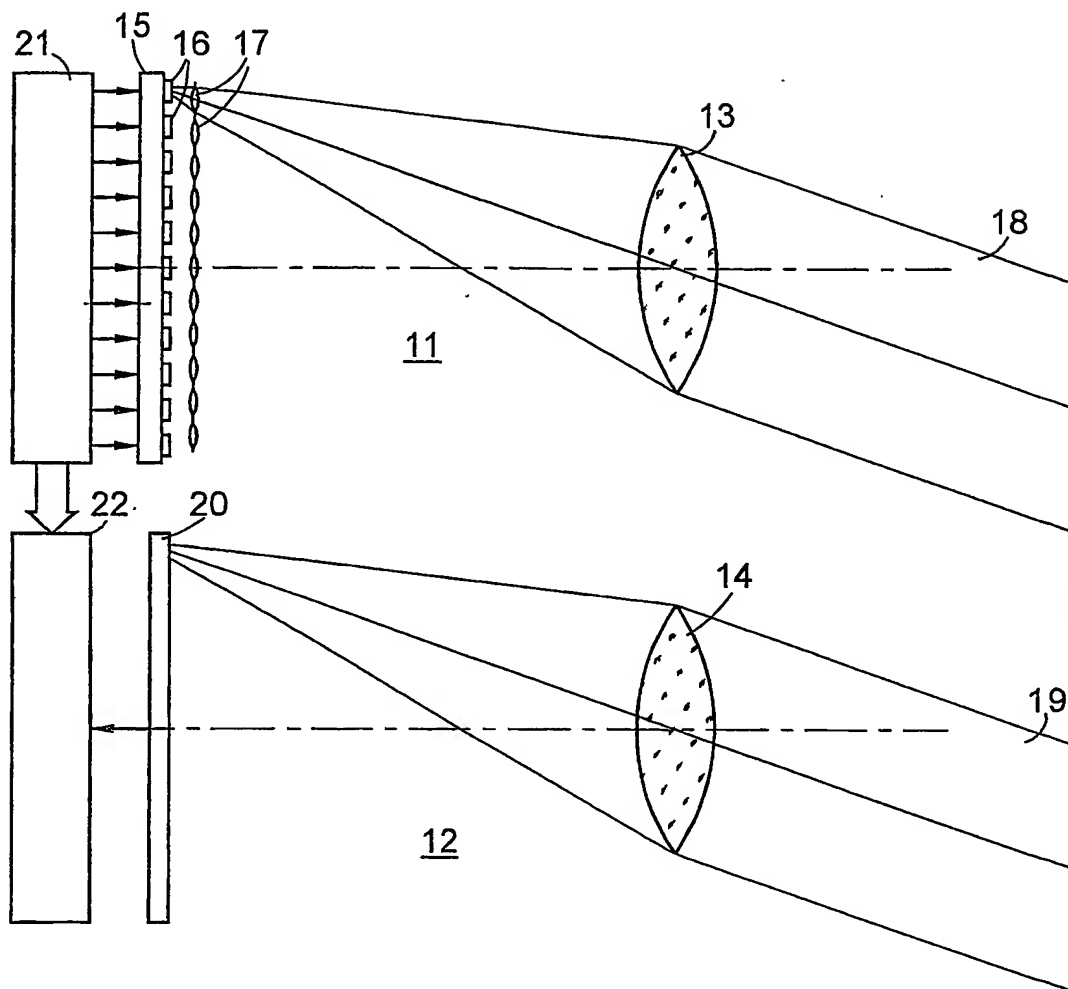


Fig.3

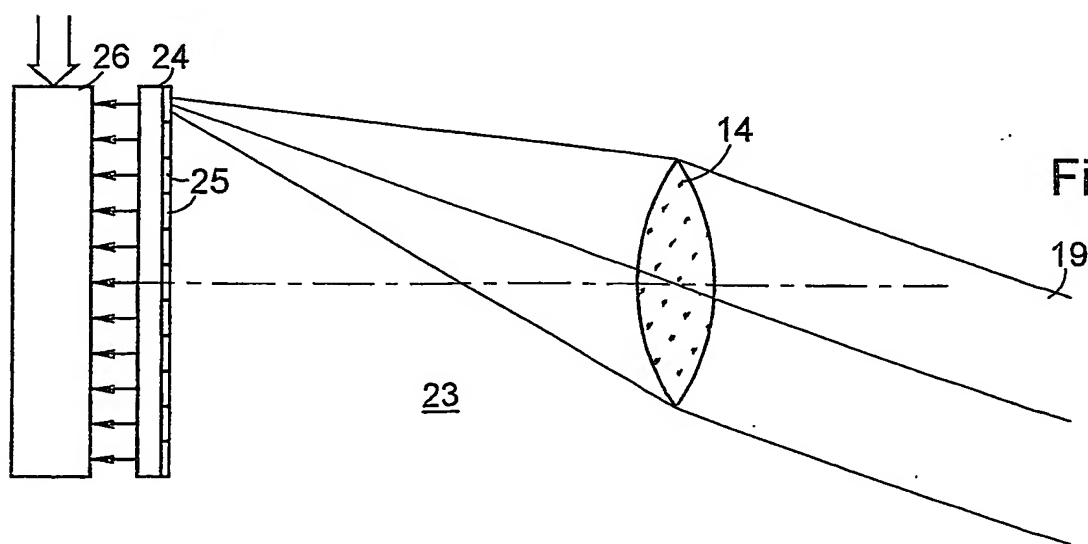


Fig.4